

TECHNIKA CIEPLNA

Organ Stowarzyszenia Dozoru Kotłów w Warszawie

W. BUDZIŃSKI

INŻYNIER - DORADCA

WARSZAWA, SMOLNA 25. TEL. 39-32. OD 2½ DO 4½ POPOŁUDNIU.

PORADY w zakresie: kotłów parowych, kompletnych centrali siły i ciepła. OCENY kotłów parowych, maszyn i całych fabryk. PORADY dotyczące kupna i sprzedaży powyższych przedmiotów.

131-S

BRACIA LILPOP

TELEFON 29-60, 29-61 i 16-12.

WARSZAWA,

MAZOWIECKA 7.

WSZELKIE ARTYKUŁY TECHNICZNE STAŁE NA SKŁADZIE.

RURY. Łączniki kuto-lane + G. F. + ARMATURA i pompy kotłowe.

Manometry. Injektory.

WODOMIERZE KOTŁOWE.

Uszczelnienia.

145-3

FABRYKA APARATÓW ELEKTRYCZNYCH K. SZPOTAŃSKI i S^{KA}

Spółka Akcyjna

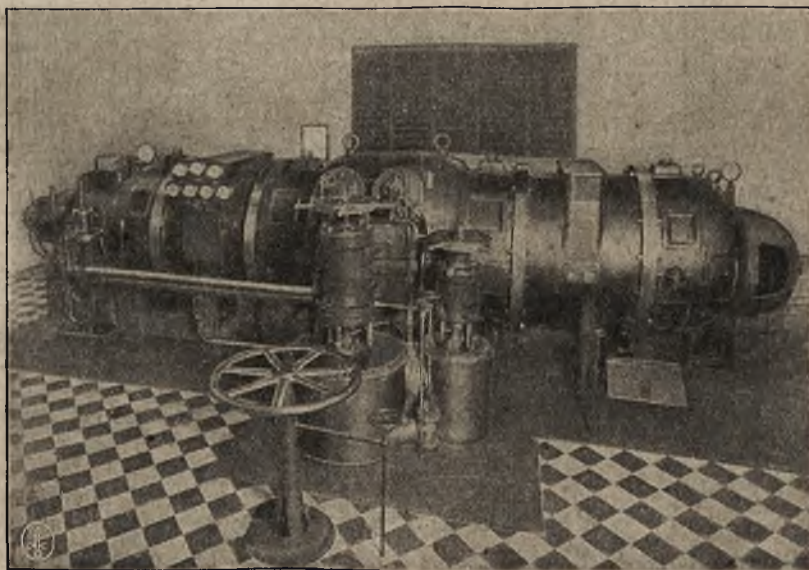
Warszawa, Kałuszyńska 4, tel. 90-43 i 90-65.

WYŁĄCZNIKI NOŻOWE

od 40 amp. do 3000 amp.

-:- Dostawa ze składu. -:-

186-S



TURBINA PRZECIWPŁYNĄ „STAL“ 1500/2100 kW

TOWARZYSTWO ELEKTRYCZNE ASEA SP. Z OGR. ODP.

Tel. 95-60, 95-82.

WARSZAWA,

Kopernika 13

ROK ZAŁOŻENIA 1880

SPÓŁKA AKCYJNA
BUDOWY KOTŁÓW PAROWYCH I MASZYN

„W. FITZNER i K. GAMPER”

SOSNOWIEC

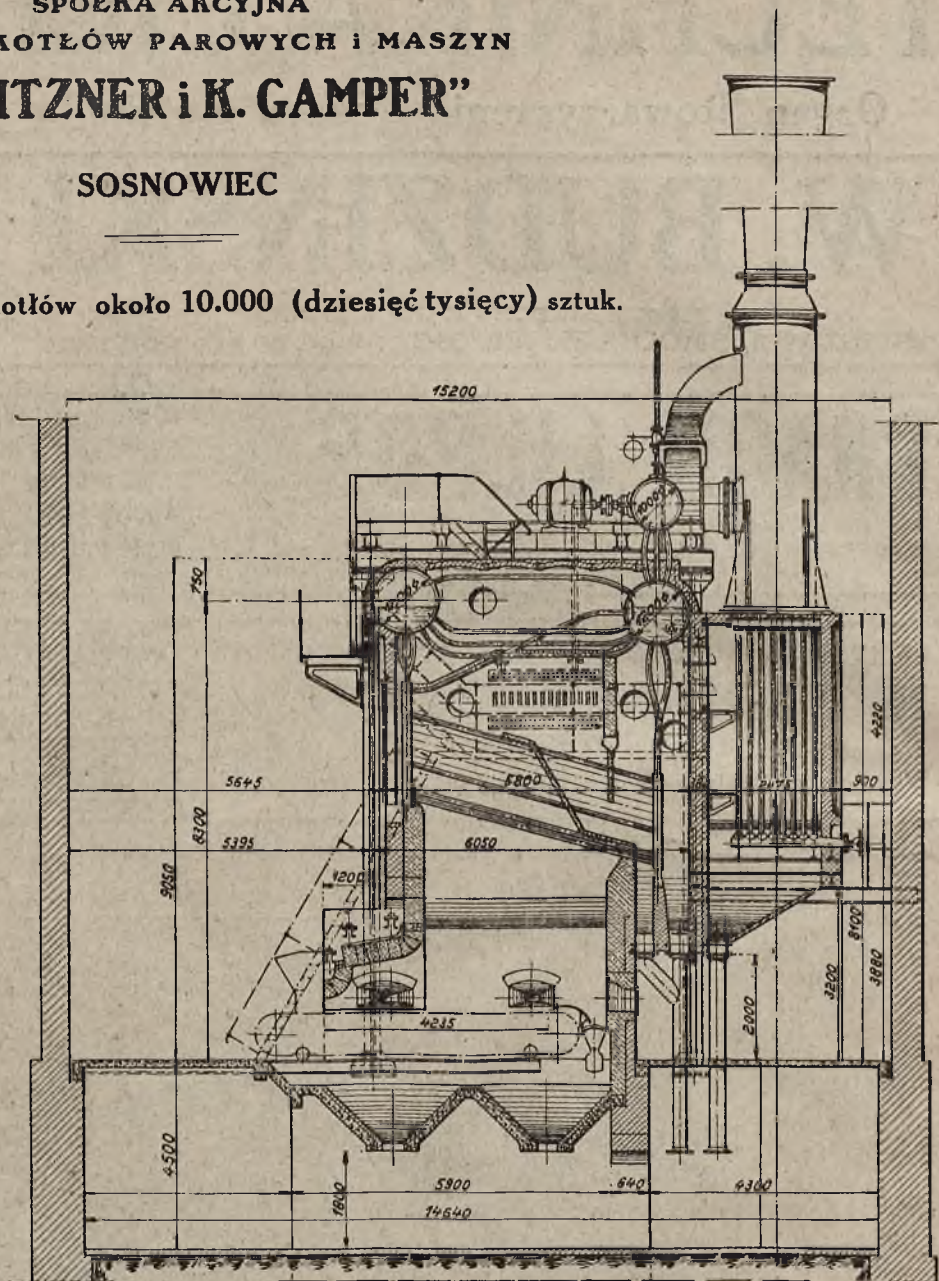
Ilość wykonanych kotłów około 10.000 (dziesięć tysięcy) sztuk.

Adres telegr.: „FITZGAM”

Telefon № 99 i 7-15.



Sekcja wężykowata.



Kocioł wodnorurowy sekcyjny 600 m² × 35 atm.

Wysokoprężne

Kotły Wodnorurowe SEKCYJNE syst. „F. & G.” o sekcjach WĘŻYKOWATYCH.

Własne blura i zastępstwa:

WARSZAWA, Ś-to Krzyska 28, telef. 95-74
ŁÓDŹ, ul. Sienkiewicza 95, telef. 20-43
POZNAŃ, ul. Pocztowa 31, telef. 53-44
LWÓW, „Tehate”, ul. Romanowicza 1, tel. 205

LUBLIN, inż. Świątecki, Krak.-Przedm. 70. tel. 12
GDAŃSK, inż. Harten, Elisabethwall 9, telef. 80-33
RADOM, inż. Kaluscha, ul. Lubelska 33 telef. 67
BIELSKO, Wolf, ul. Miarki 8, telef. 5-43. 91—S

„LILPOP RAU I LOEWENSTEIN“

Akcyjne Towarzystwo Przemysłowe Zakładów Mechanicznych w Warszawie.

Zakłady istnieją od r. 1818.

Kapitał zakł. przedwojenny 4.000.000 rubli. Kapitał zakładowy obecny 9.800.000 zł.

1. Wagony towarowe i osobowe dla dróg żelaznych, oraz tramwajów konnych i elektrycznych.
2. Wagony specjalne do przewozu spirytusu, nafty i t. p. Wagony chłodnie do przewozu mięsa, piwa, masła i t. p.
3. Koła, osie, resory i wogóle części zapasowe do wagonów różnych typów.
4. Zwrotnice, krzyżownice i akcesorja relsowe.
5. Konstrukcje żelazne.
6. Rury wodociągowe stojąco-lane.
7. Młoty parowe.
8. Wszelkie odlewy żelazne wagi 30.000 kg. sztuka.
9. Pontony i utensylja saperskie.
10. Maszyny i urządzenia dla zakładów ceramicznych.

Adres telegraficzny, „Lilpoprau-Warszawa“.

Zarząd i Dyrekcja w Warszawie, ul. Bema Nr. 65.

153—3

Polskie Fabryki Maszyn i Wagonów

L. ZIELENIEWSKI

W Krakowie, Lwowie i Sanoku, Spółka Akcyjna

Zarząd Główny: Kraków, ul. Wolska 4.

TELEFONY:

Kraków Nacz. Dyrekcja 3123, Dyr. Handlowa 4589, Fabryka Krakowska 196, 2060.

Sanok: Fabryka Sanocka 6. Lwów: Fabryka Lwowska 782.

Warszawa, Biuro Warszawskie 73-83.

Rok założenia 1804.

Pracowników 3000.

I. FABRYKA KRAKOWSKA.

1. Budowa kompletnych zakładów przemysłowych: rzeźni, chłodni, stacji wodnych, cukrowni, elektrowni, rafinerji nafty i t. p.
2. Budowa maszyn: maszyny parowe, kompresory, pompy, walce drogowe, rurociągi, transmisje i t. p.
3. Motory ropne Diesla, syst. „Graz“ i z głowicą żarową syst. „Lech“.
4. Kociołnia: kotły parowe wszelkich systemów, przegrzewacze i t. p.
5. Budowa mostów i konstrukcji żelaznych.
6. Kolejnictwo: stacje wodne, obrotnice, przesuwnice i t. p.
7. Budowa statków rzecznych parowych i motorowych, pogłębiarki i t. p.

8. Odlewnia żelaza i metali: odlewy maszynowe i budowlane do 15 ton, odlewy kanalizacyjne i t. p.

II. FABRYKA SANOCKA.

9. Budowa wagonów: osobowe, towarowe do przewozu piwa, mięsa i t. p., cysterny, wozy tramwajowe, kolejki polne, leśne i górnicze, jaszczyki do lokomotyw.

III. FABRYKA LWOWSKA.

1. Urządzenia gorzelni i rafinerji spirytusu.
2. Kociołnia miedzi.
3. Odlewnia żelaza i metali: odlewy maszynowe i budowlane do 10 ton, odlewy kanalizacyjne, ruszta i t. p.

134—2

AKC. TOW. przedtem

ZAKŁADY SKODY W PILZNIE

Fabryki: w Pradze, Pilźnie, Doodlewich, Nyrzanach, Bolewci, Hradci-Králové, Komárne, Młade Bolesławi.
Powierzchnia: zajęta przez fabryki pilzeńskie: 2.270.000 m², w tem powierzchnia zabudowana 600.000 m².
Wydajność elektrowni fabryk pilżeńskich: 40.000 kW. Ogólna ilość pracowników: 20.000.
ODLEWY SZARE: do 110.000 kg w sztuce. ODLEWY STALOWE: ze specjalnej stali „Skoda” WYROBY KUTE: do 90.000 kg wagi w sztuce. KOŁA ZĘBATE: systemu „Maag” oraz „Citroyen” do największych średnic. PRECYZYJNE NARZĘDZIA: miernicze i do obróbki metali
BUDOWA: turbin parowych, kranów elektrycznych, bagrów, pras hydraulicznych, łamaczy kamieni, generatorów elektr., turbogeneratorów, silników tramwajowych, lokomotyw elektrycznych.
URZĄDZENIA: szybów, kopalń, gazowni, chłodni, rzeźni, fabryk sody, gumy, fabryk impregnacyjnych, walcowni, elektrowni.
ELEKTRYFIKACJA: szybów, rafinerji, hut, kopalń, cukrowni, browarów.

Przedstawicielstwo na Polskę:

POLSKIE TOWARZYSTWO ZAKŁADÓW SKODY, Sp. z ogr. odp. Warszawa, Królewska 10, telefon 10-44.

138-2

Górnośląskie Zjednoczone Huty Królewska i Laura

Spółka Akcyjna Górnico-Hutnicza

Zakłady budowy maszyn Huta Zgoda

W ZGODZIE, Górny Śląsk.

Patentowany

RUSZT RUCHOMY

SYSTEMU PLACZKA

WYROB KRAJOWY!

WYNALAZEK KRAJOWY!



Najprostszy, najlepszy i najtańszy
ruszt ruchomy o wielkiej sprawności.

Najoszczędniejsze zużycie paliwa.

PRZEDSTAWICIELSTWO:

Towarzystwo dla Przemysłu Rolnego

WARSZAWA, Galerja Luxenburga 61.

Tel. 221-44, 247-54.

172-3

TECHNIKA CIEPLNA

Organ Stowarzyszenia Dozoru Kotłów w Warszawie.

Redaktor: Inż. techn. JAN KOMARNICKI.

Wydawca: Stowarzyszenie Dozoru Kotłów w Warszawie.

TREŚĆ. Prof. Cz. Grabowski. Wartość opałowa jako pojęcie techniczne. — Prof. I. Feszczenko-Czopiowski. O warunkach technicznych dla materiału blach kotłowych. Z CODZIENNEJ PRAKTYKI; R. B. inż. Czego spawać nie należy. KRONIKA TECHNICZNA: O korozji i osadach w kotłach parowych. SOMMAIRE: Cz. Grabowski, *proff.* La valeur calorifique comme une notion technique. — I. Feszczenko-Czopiowski, *prof.* Les cahiers de charge pour le materiel des tôles des chaudières. — RENSEIGNEMENTS PRATIQUES: R. B. Ce qui ne doit pas être soudé. CHRONIQUE: De la corrosion des tôles des chaudières.

Prof. Cz. GRABOWSKI. Warszawa.

WARTOŚĆ OPAŁOWA JAKO POJĘCIE TECHNICZNE.

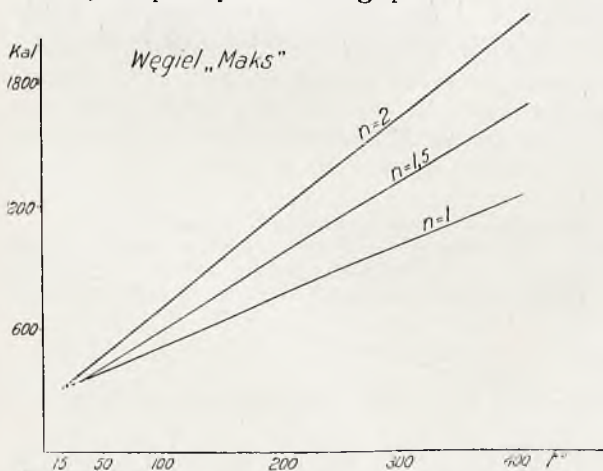
por. *Technika Ciepła*, 1927, str. 103.

3. Bilans cieplny kotła parowego.

Za względne zero temperatur przyjmiemy 15°C , t.j. temperaturę, dla której oznaczona została „górna“ wartość opałowa paliwa. Wtedy bilans cieplny kotła parowego przedstawi się nam w sposób następujący.

Wprowadzono:

1) Ciepło spalania 1 kg paliwa.



Rys. 1.

2) Ponieważ powietrze i paliwo stałe zwykle posiadają temperaturę bliską do 15° , więc zawartości cieplnej powietrza i paliwa stałego uwzględniać nie mamy potrzeby¹⁾.

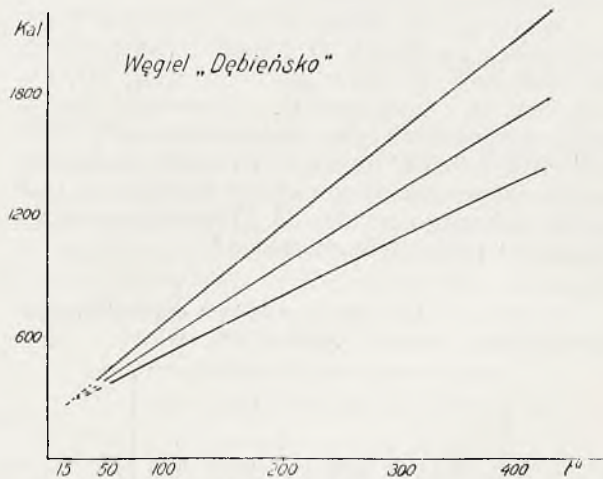
¹⁾ Inaczej sprawa ta przedstawia się przy paleniskach gazowych. Do odpowiednich palenisk powietrze i gaz palny wchodzi po uprzednim podgrzaniu w specjalnych zagrzewaczach — t. zw. rekuperatorach (przy niektórych instalacjach piecowych w regeneracjach), ogrze-

3) Ciepło zawarte w wodzie zasilającej.

Otrzymano:

1) Ciepło niewyżyskane wskutek spalania niepełnego, a więc stracone w zużlu, w CO , w oddystylowanych z paliwa węglowodorach i t. p;

2) Ciepło zużyte na ogrzanie wody i wy-



Rys. 2.

tworzenie pary (przez promieniowanie paleniska i przewodnictwo cieplne gazów spalinowych);

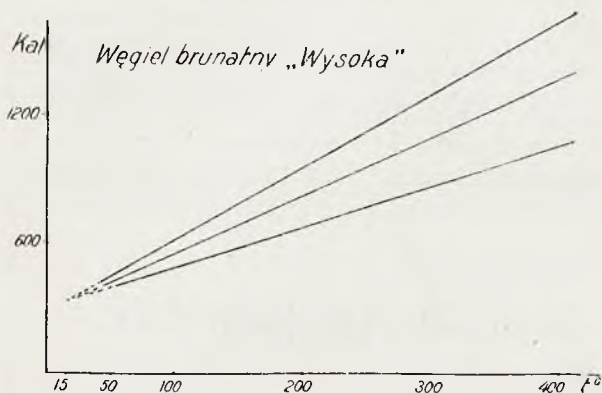
3) Ciepło rozproszone na zewnątrz nieużytecznie (przez promieniowanie i przewodnictwo).

wanych gazami spalinowymi. O ile zagrzewacze te traktujemy jako przyrządy oddzielne, nie należące do całości instalacji, dla której układamy bilans cieplny, to należy uwzględnić zawartości cieplne powietrza i gazu przy wejściu do paleniska.

4) Ciepło stracone w gazach kominowych.

Tę ostatnią pozycję należy obliczyć w sposób następujący:

Z obliczeń, podanych w rozdz. 1, widać, że 1 kg węgla o wyżej podanym składzie przy pełnym teoretycznym spalaniu (t.j. przy współczynniku nadmiaru powietrza $n=1$) dałby gazy spalinowe o składzie następującym: $CO_2 = 58,2$ mola, $SO_2 = 0,206$ mola $H_2O = 26,57$, N_2 — z paliwa



Rys. 3.

0,453 mol. i 249,77 z powietrza (t. j. ilość, odpowiadająca 66,40 mola tlenu O_2 , wprowadzonego do paleniska), a więc razem 250,223 mole N_2 .

Przy $n=1,5$ mielibyśmy w gazach spalinowych jeszcze 33,2 mole O_2 i odpowiednio powiększoną ilość N_2 , zaś przy $n=2$ — 66,4 mola O_2 z nadmiaru powietrza i t. d.

Widzimy, że mamy tu do czynienia z gazami dwóch kategorii: 1) z gazami, które mogą być uważane jako gazy doskonałe CO_2 , SO_2 , O_2 , i N_2 , oraz 2) z parą wodną. Zawartość cieplną gazów doskonałych dla temperatur 100°, 200°, 300°, 400° i 500°C obliczyć możemy na podstawie średniego molowego ciepła właściwego tych gazów, podanego na str. 83 „Termodynamiki technicznej“ prof. Stefanowskiego²⁾

²⁾ W celu ułatwienia czytelnikom obliczeń tego rodzaju podajemy wyjątek z wymienionej tablicy:

°C	O_2, N_2, CO	CO_2	H_2O
100	6,96	9,08	8,04
200	6,97	9,43	8,09
300	7,00	9,76	8,16
400	7,04	10,08	8,24
500	7,07	10,34	8,32

Dla SO_2 przyjmujemy zwykle ciepło właściwe takie samo, jak i dla CO_2 . Są to t. zw. ciepła właściwe *średnie*, liczone od 0°C do danej temperatury. Gdyby je obliczać od naszego zera względnego, t. j. od 15°C, wypadłyby one nieco większe. Poprawka ta jednak byłaby bardzo nieznaczna. Większą niedokładność powoduje ta okoliczność, iż ciepła właściwe zależą nie tylko od temperatury, lecz również i od ciśnienia a zatem przy dokładnym obliczaniu zawartości cieplnych należałoby uwzględnić również i ciśnienia cząstkowe poszczególnych gazów (a przede wszystkim gazu niedoskonałego — H_2O),

Tak więc dla wyżej wymienionego 1 kg węgla i $n=1$, dla temp. 215° otrzymaliśmy następujące zawartości cieplne:

$CO_2 + SO_2 \dots (58,2 + 0,2) 9,43 \cdot 200 = 110,14$ cal. $N_2 \dots 250,22 \cdot 6,97 \cdot 200 = 348,81$ cal.

Zawartość cieplną pary wodnej musieliśmy obliczyć, przyjmując jako stan początkowy wodę ciekłą w 15°C. Ponieważ wszystkich gazów spalinowych mamy 335,2 mola a w nich 26,57 mola H_2O , więc ciśnienie cząstkowe pary wodnej (przyjmując ciśnienie ogólne około 760 mm Hg) w tych gazach wynosi $760 \cdot 26,57 : 335,2 = 60,23$ mm Hg, co odpowiada temperaturze nasycenia 41,6°.

Traktując parowanie wody w gazach spalinowych w taki sposób, jak gdyby zachodziło ono w stałej temperaturze³⁾ otrzymamy, że zawartość cieplna 1 mola pary wodnej nasyconej w 41,6° równa się

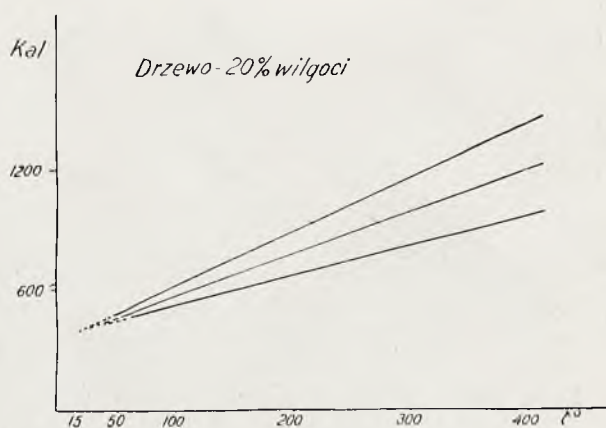
$$18(41,6 - 15) + 18 \cdot 573,1 = 10794,8 \text{ cal.}$$

(gdzie 573,1 — ciepło parowania w 41,6°)

W temperaturach wyższych do zawartości cieplnej pary wodnej nasyconej dodać należy ciepło przegrzania, nprz. w temperaturze 215° zawartość cieplna 1 mola pary wodnej przegrzanej pod ciśnieniem cząstkowym 60,2 mm Hg wyniesie

$$10794,8 + (215 - 41,6) \cdot 8,09 = 12198 \text{ cal} = 12,2 \text{ Kcal.}$$

a zatem zawartość cieplna 26,57 moli H_2O w 215° wynosi 314,2 Kcal. A więc przy $n=1$ w 215° straty ciepła w gazach kominowych, powstałych z 1 kg wyżej wymienionego węgla (przy pełnym spalaniu) wynoszą 773 Kcal.



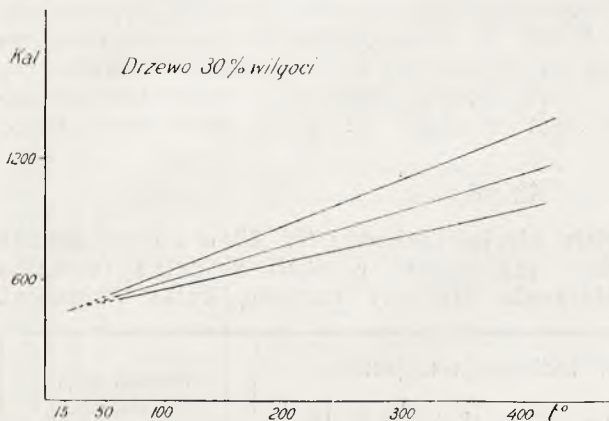
Rys. 4.

czego jednak nie uczyniliśmy, gdyż brak nam w literaturze odpowiednich danych.

Ciepła właściwe gazów dwuatomowych N_2 , O_2 i CO są jednakowe, co przemawia na korzyść molowego systemu obliczeń.

³⁾ W rzeczywistości w 15° w gazach spalinowych mielibyśmy (jak to widać z obliczeń, podanych w rozdz. 2) część wody w stanie pary; przy ogrzewaniu gazów woda parowałaby stopniowo. Zawartość cieplną H_2O obliczamy w założeniu, że H_2O znajduje się w cylindrze pod tłokiem pod ciśnieniem 60,23 mm Hg.

W podobny sposób obliczone zostały*) straty kominowe przy $n = 1, 1,5$ i 2 dla temperatur 215° , 315° , 415° oraz dla temperatur, w których para wodna w gazach kominowych znajduje się w stanie nasyconym, dla 1 kg 1) węgla kamiennego kopalni „Maks” (kostka II) o wyżej podanym (w rozdz. 1) składzie, 2) dla węgla kopalni „Dubieńsko”: $C = 78,50$, $H = 5,22$, $O = 7,71$, $N = 1,62$, $S = 0,74$, pop. — $4,17$, $H_2O = 1,75$; 3) dla węgla brunatnego kopalni „Wysoka” o składzie $C = 49\%$, $H = 4,4\%$, $O = 20,73\%$, $N = 0,82$, $S = 0,65$ pop. — $10,9$, $H_2O = 13,5\%$; 4) dla drzewa $C = 40\%$, $H = 4,8\%$,

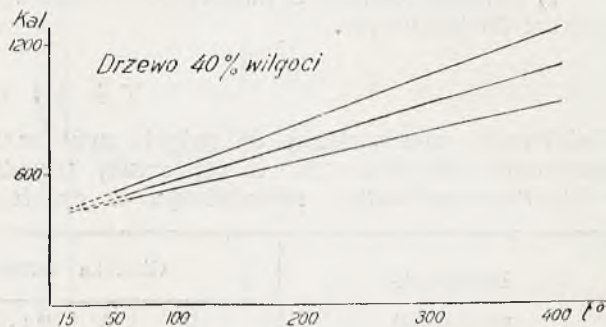


Rys. 5.

Rezultaty tych obliczeń zobrazowaliśmy na wykresach (rys. 1 — 6), na których określone w sposób powyższy punkty połączyliśmy krzywami. Krzywe strat kominowych w ten sposób otrzymane powyżej temperatury nasycenia parą wodną mogą być uważane w pierwszym przybliżeniu jako linie proste.

Gdybyśmy za zero względne zamiast 15°C przyjęli inną temperaturę, nprz. 0°C , to ciepło spalania użytego paliwa byłoby nieco inne; należałoby uwzględnić zawartość ciepłą powietrza wprowadzonego do paleniska oraz zawartość ciepłą paliwa.

Tak więc i straty ciepła w gazach spalinowych obliczone od 0°C wypadły by nieco wyższe, niż wtedy, gdy za zero względne przyjęta została tempe-



Rys. 6.

$O = 34,4\%$, $N = 0,4$, pop. — $0,4$ wilg. 20% , 5 i 6) dla takiego samego drzewa z zawartością wilgotności 30 i 40% . Zakładaliśmy, że powietrze użyte do spalania jest bezwzględnie suche. Największą zawartość H_2O gazy posiadają w wypadku ostatnim (t. j. gazy z drzewa z zawartością 40% H_2O) przy $n = 1$. W tym wypadku otrzymaliśmy najwyższą temperaturę nasycenia gazów parą wodną, a mianowicie $65,4^{\circ}\text{C}$.

*) Obliczenia, o których mowa w rozdziale niniejszym, a także wykresy (rys. 1 — 6) wykonane zostały przez st. asystenta zakładu maszynozn. og. i chem. politechniki warsz. p. Jerzego Kielczewskiego inż. chem.

ratura 15°C . Jeżeli za takie zero weźmiemy temperaturę wyższą od 15° , nprz. 30° — 40° , to zawartość ciepła wprowadzonego powietrza może okazać się wielkością ujemną, straty zaś w gazach kominowych wypadną niższe, niż dla zera względnego $= 15^{\circ}\text{C}$.

Z punktu widzenia ściśle naukowego najracjonalniejszym wydać się może układanie bilansów cieplnych od zera bezwzględnego, lecz stotemu na przeszkodzie brak dokładnych danych o własnościach fizycznych (ciepło właściwe, ciepło parowania, ciepło topnienia) w pobliżu zera bezwzględnego.

I. FESZCZENKO-CZOPIWSKI, prof. Akad. Gór. w Krakowie.

O WARUNKACH TECHNICZNYCH DLA MATERJAŁU BLACH KOTŁOWYCH.

por. *Technika Ciepłna*, 1927 str. 106.

§ 60. Wśród kotlarzy utrzymuje się do tychczas pogląd, że miękkie żelazo jest materiałem najmniej wrażliwym na wszelkiego rodzaju obróbkę mechaniczną i termiczną. Jednak pogląd ten nie jest zupełnie słuszny.

Miękkie żelazo w większości wypadków jest bardzo ciągliwe, nie kruche, a to znaczy

bardzo odporne na uderzenia. Ocenę wartości konstrukcyjnej materiału blach kotłowych przyjęto powszechnie opierać na podstawie liczby wydłużalności jednostkowej, otrzymywanej z prób na rozerwanie. Jest to co prawda zjawisko ogólne, że materiały ciągliwe są jednocześnie mało kruche.

W § 26 i 27 omówiliśmy niektóre inne właściwości mechaniczne, które obok stopnia wydłużalności dają trwałe podstawy do stanowczej oceny wartości materiału, i które zmieniają się w zależności od składu chemicznego danego materiału, stopnia jego czystości, obróbki mechanicznej i termicznej w sposób odmienny niż stopień wydłużalności prób badanych na rozciąganie. Szczególnie widać to z wyników naszych badań umieszczonych w tabelach 4 i 7.

W tabeli 25 umieszczone są wyniki badań ośmnastu próbek materiału blachy kotłowej № 13 o składzie chemicznym $C=0,10:Si=0,015:Mn=0,49:P=0,042:S=0,032$ w różny sposób termicznie obrobionych, a mianowicie:

1) Próbki, termicznie nieobrobione, badane w stanie dostarczonym.

szczone przy temperaturze 400° i następnie powolnie chłodzone do temperatur zwykłych wraz z piecem; d) na powietrzu o szybkości stygnięcia około $0,5^{\circ}/\text{sec.}$; e) na powietrzu, analogicznie jak w „d“ lecz krótko odpuszczone przy temperaturze 400° i następnie powolnie chłodzone do temperatur zwykłych wraz z piecem.

4) Próbki, badane w stanie termicznie ulepszonym, t. j. hartowane od 930° w wodzie, poczem odpuszczone w ciągu $\frac{1}{2}$ godz. przy 675°C i od tej temperatury chłodzone: a) powolnie razem z piecem; b) w wodzie; c) w sposób kombinowany, t. zn. szybko studzone w wodzie od temperatury odpuszczenia, ponownie odpuszczone od 400° z następującym powolnym stygnięciem od tej temperatury do temperatur zwykłych.

5) Próbki, badane w stanie rekrystalizowanym w ciągu 24 godz. przy temperaturze

T A B L I C A Nr. 26.

Właściwości mechaniczne dziewięciu prób materiału blachy kotłowej Nr. 13 w różny sposób termicznie obrobionych, o tej samej twardości = 111 kg/mm^2 w skali Brinell'a (wahania $\pm 0,05\text{ m/m}$ podziałki mikroskopu w czasie mierzenia średnicy odcisku kulki Brinell'a).

Znakowanie właściwości mechanicznych	Obróbka termiczna badanego materiału									Wahania w % w stosunku do najmniejszej wartości
	Przeżrany od 1200°	Przeżrany od 1200°	Nieobrobiony	Wyżarzony przy 930°	Wyżarzony przy 930°	Termicznie ulepszony	Termicznie ulepszony	Termicznie ulepszony	Termicznie ulepszony	
$U\text{ kgm/cm}^2$ przy — 15°C	1,2	1,3	2,3	7,3	6,9	9,7	10,5	12,6	11,9	900
— „ — 0	5,2	4,4	6,5	7,5	7,3	10,7	11,5	13,2	11,8	200
— „ — + 15	7,2	7,8	8,1	8,3	9,8	12,7	11,9	14,2	11,7	97
— „ — + 100	13,2	12,8	10,6	12,9	12,4	12,9	13,0	16,2	12,2	33
— „ — + 150	13,0	13,2	11,7	12,4	13,4	13,2	13,3	15,9	13,9	28
— „ — + 200	11,0	12,7	10,9	11,5	12,4	13,0	13,0	14,1	13,2	28
$H\text{ kg/mm}^2$	106,5	106,5	106,5	111	115,5	115,5	111	115,5	111	0
Q — „ —	18,9	19,5	20,8	22,4	23,4	23,6	27,4	27,8	28,3	50
R — „ —	34,6	34,8	34,3	35,4	36,2	35,3	36,2	38,8	36,7	12
A w %	34,8	32,0	35,8	36,8	34,4	28,8	28,8	28,0	27,2	32
C — „ —	62,0	60,4	62,7	61,2	62,8	66,8	68,2	66,7	66,0	13
$Q:R$	54,6	56,0	60,4	63,4	64,7	66,8	75,7	71,6	77,2	42
$H:Q$	5,7	5,4	5,12	5,0	4,9	4,9	4,1	4,2	3,9	46
$R + 2A$	104,2	98,8	105,9	109,0	105,0	92,9	93,8	94,8	91,1	20
$R + 6A$	243,4	226,8	249,1	256,2	242,6	208,1	209,0	206,8	199,9	28

2) Próbki, badane w stanie przeżrzanym w ciągu 2 godzin przy temperaturze 1200° poczem chłodzone: a) powolnie razem z piecem z szybkością stygnięcia $0,03 - 0,04^{\circ}/\text{sec.}$; b) na powietrzu o szybkości stygnięcia około $1,6^{\circ}/\text{sec.}$; c) na powietrzu, analogicznie jak w „b“, lecz odpuszczone przez ogrzewanie do 400° i następnie powolnie chłodzone do temperatur zwyczajnych wraz z piecem. Uzasadnienie takiego kombinowanego sposobu chłodzenia podano w końcu § 30-go.

3) Próbki, badane w stanie wyżarzonym w temperaturze 930° w ciągu $1\frac{1}{2}$ godz. poczem studzone: a) powolnie razem z piecem o szybkości stygnięcia około $0,04^{\circ}/\text{sec.}$; b) w wodzie o szybkości stygnięcia około $30^{\circ}/\text{sec.}$; c) w wodzie, analogicznie jak w „b“, lecz krótko odpu-

780° i studzone: a) powolnie w piecu; b) na powietrzu z następnym krótkim odpuszczeniem w temperaturze 400° z powolnym stygnięciem do temperatur zwykłych.

6) Próbki „zastępczo ulepszone“. Pod sposobem „zastępczego ulepszenia“ rozumiemy proces termicznego ulepszenia materiału związany z jednym ogrzewaniem. Znaczy to, że proces pierwszego hartowania jest przerwany właśnie w tym momencie, kiedy w hartowanej próbce pozostaje ilość ciepła wystarczająca do samoodpuszczenia. Proces zastępczego ulepszenia stosowany był jeszcze w latach przedwojennych do częściowego ulepszenia niektórych wyrobów ze stali półtwardej (procesy Sandberg'a, t-wa Sorbitic C-ie, Usine d'Hagondance, Usine de Neuves Maisons i Huty Nadezdenkaja na Uralu).

Właściwości mechaniczne materiału blachy kotłowej № 18 w zależności od poprzedniej obróbki termicznej

Materiał i obróbka termiczna	Przeegrany przy 1200°C.			Wyżarzony w ciągu 1½ godz. przy 930°			Termicznie ulepszone: hartowany od 930° w wodzie, odpuszcz. ½ godz. przy 675°C.			Rekwalizowany przy 780° w ciągu 24 godz.		Zastępcze ulepszenie	
	Nieobrobiony	Powoli w piecu	Studzi w wodzie	Studzi w wodzie	Studzi na powle. trzu	Studzi na powle. trzu	Studzi na powle. trzu	Studzi na powle. trzu	Studzi na powle. trzu	Studzi na powle. trzu	Studzi na powle. trzu	№ 1	№ 2
U kg/cm ² przy — 15°C.	2,3	1,2	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	5,4	5,7
0	6,5	5,2	4,4	5,2	5,2	5,2	5,2	5,2	5,2	5,2	5,2	8,7	9,5
+ 15	8,1	7,2	7,8	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	10,3	13,8
+ 100	10,6	10,6	12,8	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	11,4	14,2
+ 150	11,7	13,9	13,2	13,0	13,0	13,0	13,0	13,0	13,0	13,0	13,0	13,4	16,5
+ 200	10,9	12,5	12,7	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,6	11,6
H kg/mm ²	106,5	106,5	106,5	106,5	106,5	106,5	106,5	106,5	106,5	106,5	106,5	111	106,5
Q —	20,8	17,5	19,5	18,9	18,9	18,9	18,9	18,9	18,9	18,9	18,9	25,0	24,2
R —	34,3	32,9	34,8	34,6	34,6	34,6	34,6	34,6	34,6	34,6	34,6	37,3	35,8
A w/o	35,8	38,4	32,0	34,8	34,8	34,8	34,8	34,8	34,8	34,8	34,8	26,4	28,0
C —	62,7	62,0	60,4	62,0	62,0	62,0	62,0	62,0	62,0	62,0	62,0	61,1	63,5
$Q: R$	60,4	53,2	56,0	54,6	54,6	54,6	54,6	54,6	54,6	54,6	54,6	65,7	67,6
$H: Q$	5,12	5,60	5,44	5,70	5,70	5,70	5,70	5,70	5,70	5,70	5,70	4,44	4,40
$R + 2A$	105,9	109,7	98,8	104,2	104,2	104,2	104,2	104,2	104,2	104,2	104,2	90,1	91,8
$R + 6A$	249,1	263,3	226,8	243,4	243,4	243,4	243,4	243,4	243,4	243,4	243,4	195,7	203,8
$R = 0,34H$	36,2	33,7	36,2	36,2	36,2	36,2	36,2	36,2	36,2	36,2	36,2	37,7	36,2

T A B L I C A 27.

Właściwości mechaniczne pewnych galunków materiału blach kotłowych w stanie termicznie nieobrobionym, wyżarzonym i termicznie ulepszone.

№ blachy i obróbka termiczna	5			8			9			11			12			13			14		
	Nieobrobiony	Wyżarz.	Uleps.	Nieobrobiony	Wyżarz.	Uleps.	Nieobrobiony	Wyżarz.	Uleps.	Nieobrobiony	Wyżarz.	Uleps.	Nieobrobiony	Wyżarz.	Uleps.	Nieobrobiony	Wyżarz.	Uleps.	Nieobrobiony	Wyżarz.	Uleps.
U kg/cm ² przy — 15°C.	2,3	2,5	11,8	2,0	2,9	13,5	1,9	2,2	11,4	4,7	13,3	4,3	4,8	13,2	13,1	2,3	2,9	12,6	1,3	1,5	9,1
0	5,7	4,3	12,5	4,6	5,1	14,9	7,8	6,6	11,5	6,5	13,6	12,6	8,3	13,1	13,2	6,5	4,1	13,2	2,4	4,3	10,0
+ 15	8,3	6,9	14,6	7,3	8,1	17,9	11,4	9,7	11,1	9,2	15,3	15,9	15,2	16,6	16,5	8,1	5,4	14,2	7,0	6,6	11,1
+ 100	11,9	12,2	15,0	11,5	12,7	15,3	10,8	11,9	11,6	13,7	13,9	17,2	15,1	16,5	16,2	10,6	13,9	16,2	11,3	12,3	12,8
+ 150	12,0	12,0	13,9	12,3	14,0	14,3	12,3	10,6	11,5	12,9	12,7	15,9	16,1	12,9	14,8	14,1	14,1	15,9	10,6	10,1	13,4
+ 200	10,5	14,0	11,2	11,7	12,3	13,7	11,6	11,3	12,8	10,1	13,1	13,9	11,2	13,5	13,5	10,9	13,1	14,1	10,0	10,5	12,2
H kg/mm ²	115,5	103,5	115,5	120,0	111,0	115,5	111,0	103,5	115,5	120,0	111,0	126,0	106,5	106,5	120,0	106,5	103,5	115,5	106,5	103,5	126
Q —	23,8	21,8	26,8	25,7	24,6	27,0	22,4	21,6	28,4	25,2	32,9	26,0	24,6	30,3	30,3	20,8	20,7	27,8	22,3	22,2	28,1
R —	36,2	33,7	37,4	38,7	38,0	39,2	35,7	33,4	38,8	40,3	46,6	37,4	36,0	42,3	42,3	34,3	33,4	38,8	38,7	38,6	41,2
A w/o	27,7	34,8	31,9	29,0	36,0	33,0	27,0	32,0	32,0	33,0	29,0	30,0	32,0	28,5	28,5	35,8	36,8	28,0	30,0	31,0	26,5
C —	65,5	65,4	72,5	62,0	64,0	70,0	61,0	66,0	66,0	60,5	68,2	62,0	65,0	68,0	68,0	62,7	64,0	66,7	61,3	62,3	66,4
$Q: R$	65,7	64,7	71,6	66,4	64,7	70,0	62,8	64,6	73,2	62,5	70,6	69,5	68,3	71,6	71,6	60,4	62,0	71,6	57,6	57,6	68,2
$H: Q$	4,85	4,75	4,31	4,67	4,51	4,28	4,95	4,80	4,07	4,76	3,83	4,44	4,3	3,96	3,96	5,12	5,00	4,16	4,78	4,66	4,48
$R + 2A$	91,6	103,3	101,2	96,7	110,0	105,2	89,7	97,4	102,8	106,3	105,1	97,4	100,0	99,3	99,3	105,9	107,0	94,8	98,7	100,6	94,2
$R + 6A$	202,4	242,5	228,8	212,7	254,0	237,0	197,7	225,4	230,8	238,3	237,1	217,4	228,0	213,3	213,3	249,1	251,2	206,8	218,7	224,6	200,2
$R = 0,34H$	39,2	35,5	39,2	40,8	37,7	39,2	37,7	35,5	39,2	40,8	37,7	39,2	36,2	40,8	40,8	36,2	35,2	39,1	36,2	35,2	42,8

Sposób ten, zastosowany przez nas do stali miękkiej, jak widać z wyników badań statycznych i dynamicznych z prób w stanie nieobrobionym, daje materiał o nieco lepszych właściwościach mechanicznych. Do ściślejszego określenia wartości technicznych tego procesu powrócimy nieco później.

Tab. 26 zawiera właściwości mechaniczne dziewięciu prób materiału blachy kotłowej № 13 o prawie stałej twardości 111 kg/mm^2 . Jedną z tych prób badana była w stanie nieobrobionym; dwie w stanie wyżarzonym i cztery — w stanie termicznie ulepszonym. Wahania w liczbach twardości przy układaniu tej tablicy dopuszczone są w granicach $106,5\text{—}115,5 \text{ kg/mm}^2$, czyli zaledwie $\pm 4\%$ od przeciętnej wartości, co odpowiada połowie podziałki w mikroskopie przy mierzeniu średnicy odcisku kulki aparatu Brinell'a, t. j. w granicach dopuszczalnego błędu przy określeniu twardości według Brinell'a. Wyniki tych dziewięciu badań ułożone są w ten sposób, że wartości granicy płynności wzrastają od strony lewej ku prawej od najmniejszej wartości $= 18,9 \text{ kg/mm}^2$ do największej $= 28,3 \text{ kg/mm}^2$.

Wahania innych właściwości mechanicznych (wydłużalności, wytrzymałości i odporności na uderzenia w temperaturach od -15°C do $+200^\circ \text{C}$) nie są podporządkowane ściślejszej regule, chociaż oczywiście wytrzymałość prób ulepszonych jest nieco wyższa niż prób w jakikolwiek inny sposób termicznie obrobionych (przeżarzanych lub nawet termicznie nieobrobionych). Wahania w kruchości i wydłużalności tych prób są stosunkowo mniejsze. Prawie prawidłowo, odpowiednio do wzrostu granicy płynności wzrasta stosunek $Q:R$. Lecz w stanie termicznego ulepszenia, jak to wypływa z porównania trzech ostatnich prób stosunek ten nie zawsze może być miernikiem wysokiej odporności na uderzenia termicznie ulepszanego materiału w temperaturach zakresu kruchości na zimno.

Powszechnie przyjęty jest wzór $R+2A =$ \approx około 100 jako warunek techniczny odbioru materiału blach kotłowych, w którym główną i decydującą rolę gra wydłużalność, a odpowiednia wysokość tej ostatniej, gwarantuje przyjęcie materiału przez odbiorców. Jak to wyraźnie wpływa z tabel 25 i 26 wysokość wydłużalności w lepszym wypadku nic nie mówi, a w gorszym maskuje zły stan materiału t. j. jego wysoką kruchość w temperaturach zwykłych i nieco niższych od zwykłych. Tak na przykład, w tab. 25 wartości $R+2A=105$ odpowiada w pierwszym wypadku materiał technicznie nieobrobiony, w drugim wypadku materiał silnie przeżarzony, gruboziarnisty, łamliwy, w którym zakres kruchości na zimno został przesunięty do temperatur wyższych od zwykłych, w trzecim wypadku — materiał znormalizowany przez wyżarzenie przy 930° z następnym stygnięciem na powietrzu a w czwartym wypadku — materiał rekrytalizowany o silnie przesuniętym zakresie kruchości na prawo, w stronę wyższych temperatur ($U_{50} = 4,2$). Wartości

$R+2A=109$ (patrz. tab. 25) odpowiada w pierwszym wypadku materiał przeżarzony przy 1200° ; następnie powolnie studzony razem z piecem, a w drugim wypadku materiał wyżarzony na powietrzu do 400° i od 400° — w piecu. Nareszcie $R+2A=95\text{—}98$ w pierwszym wypadku odpowiada materiał przeżarzony w temperaturze 1200° w ciągu 2-ch godzin z następnym ochładzaniem na powietrzu, w drugim wypadku — materiał termicznie ulepszony o silnie posuniętym zakresie kruchości na zimno na lewo w stronę najniższych temperatur, co jest bardzo cenną właściwością materiałów używanych do budowy kotłów parowych, pracujących z przerwami okresowo. Wyżej przytoczone zestawienie wskazuje, że ze wzoru $R+2A$ możnaby korzystać tylko dla materiałów blach kotłowych termicznie ulepszonych. Wówczas wartość ta byłaby nie większa niż $90\text{—}92$ przy wydłużalności materiału w granicach $27\text{—}28\%$ zamiast obecnie wymaganych 30% i więcej.

Wzór $R+6A$ używany w innych wypadkach jest w mniejszym jeszcze stopniu miarodajny, a to z tego powodu, że stopień wydłużalności materiału badanego w temperaturach zwykłych ma we wzorze tym wielkie znaczenie i że od niego uzależniony jest ogólny wynik. Zestawienie liczb $R+2A$ i $R+6A$, umieszczone w tabelach 25 i 26 stwierdza haotyczność otrzymanych wyników i bezcelowość korzystania z tych wzorów, nie posiadających bezpośredniego związku z istotnymi właściwościami mechanicznymi badanego materiału.

Stopień przewężalności dla miękkiej stali, nadającej się na blachy kotłów do pewnego stopnia może być miarodajnym przy ocenie konstrukcyjnej wartości tego materiału. Wysoki stopień przewężalności ($66\text{—}68\%$) odpowiada materiałom o wysoko położonej granicy płynności, o dobrej wydłużalności (nieco mniejszej co prawda od niesłusznie obecnie wbrew zasadom racjonalności wymaganej) i o nisko, do temperatur niższych od zwykłych, przesuniętym zakresie kruchości na zimno. Jednak całkowita zależność między dwoma najczęściej miarodajnymi czynnikami, a mianowicie — granicą płynności i odpornością na uderzenia, a stopniem przewężalności, jak to wyraźnie wypływa z tabeli 26 nie istnieje (porównaj wyniki prób 1-ej, 3-ej, 4-ej i 5-ej, gdzie prawie jedna i ta sama przewężalność \approx około 62% odpowiada materiałom o różnym położeniu zakresu kruchości na zimno).

Cóż będzie jednak miernikiem ciągliwości materiału?

§ 61. W obecnych czasach przy stosowaniu wysokich ciśnień w kotłach parowych poszukiwany jest dla konstrukcyj kotłowych materiał o wysoko położonej granicy płynności. Wyżej (patrz § 53—55) zastanawialiśmy się bliżej nad rolą granicy płynności w materiałach konstrukcyjnych. Granica płynności znajduje się normalnie tylko nieco wyżej granicy sprężystości. Położenie tej ostatniej wskazuje na wysokość obciążeń wywołujących

odkształcenia sprężyste; poziom pierwszej podaje wysokość obciążeń wywołujących w materiale odkształcenia trwałe. Wydłużalność materiału jest do pewnego stopnia gwarancją, że w razie powstania odkształceń trwałych materiał nie będzie zniszczony natychmiast po przekroczeniu granicy płynności. Wysoka zdolność do tworzenia w materiale płaszczyzn łatwego poślizgu, której miernikiem jest do pewnego stopnia wydłużalność, ochraniać będzie materiał od powstania przedwczesnych rys i pęknięć.

Z danych, umieszczonych w tabeli 26 wynika, że materiał o stałym składzie chemicznym i o stałej twardości silnie różnić się może w swych właściwościach mechanicznych. Największe wahania przypadają na kruchość w zakresie temperatur zwykłych i nieco niższych od zwykłych (patrz § 30 i tabela 8), a następnie na temperatury na granicy płynności. W naszych badaniach wahania w wartości granicy płynności w stosunku do wartości najmniejszych (w %) wynoszą dla materiału blachy № 13 (z tabeli 25) jako maksimum — 120% a dla prób materiału o jednakowej twardości (z tabeli 26) — 50%. Wydłużalność w tych samych warunkach dla tych samych prób waha się w stosunku do wartości największych dla prób umieszczonych w tabeli 25 o 56%, a dla prób, umieszczonych w tabeli 26 o 26%. Prosty arytmetyczny rachunek doprowadzi do wniosku, że przy pracy materiału w wypadkach wyjątkowych i krótkotrwałych, pod obciążeniem zmienem przewyższającym nieco przeciętne obciążenie sprężyste, należy mniej mieć obaw o powstanie rysy (szczeliny) w materiałach o wysoko położonej granicy płynności (sprężystości) chociażby tą właściwość materiału osiągnięto kosztem obniżenia wydłużenia.

Z wyżej wymienionych badań (tab. 25 i 26) wyraźnie wpływa, że materiał posiadający wysoki stopień wydłużalności może posiadać niską granicę płynności oraz szeroki zakres kruchości na zimno przesunięty daleko na prawo, w stronę wyższych temperatur, podczas gdy materiał o wysoko położonej granicy płynności posiada prawie tą samą twardość, nieznacznie tylko zwiększoną wytrzymałość i znacznie większą przewężalność chociaż wydłużalność jednostkowa będzie nieco mniejsza. Łączny wpływ tych właściwości na zalety materiału będzie dodatni. Miernik dodatniego wpływu obróbki termicznej na wartość danego materiału określamy stosunkiem:

$$\frac{H}{Q} = \frac{\text{Twardość w skali Brinell'a } kg/mm^2}{\text{Granica płynności } kg/mm^2}$$

Ten stosunek dla stali przegrzanych jest bliski do 6; dla stali wyżarzonych (normalizowanych i szybko ochłodzonych w zakresie temperatur do 400°) — od 5,0 do 4,6 i dla stali termicznie ulepszonych — około 4,25 (wahania dopuszczalne 4,0 — 4,5).

Z tabeli 26 widzimy, że stosunek $H:Q$ stale obniża się od największych wartości (odpowiednio do najmniejszych wartości Q). Z tabeli 25 wynika, że próby o bardzo wysoko położonej granicy płynności (t. z. o nadmiernie wysokim stosunku $Q:R > 75$ a wyraźniej o nadmiernie niskim stosunku $H:Q < 3,9$) posiadają nieco obniżony i przesunięty w prawo, w stronę wyższych temperatur, poziom zakresu kruchości na zimno, co jest charakterystyczną cechą stali hartownych i termicznie ulepszonych z następnym odpuszczeniem na twardo (t. j. przy niskich temperaturach). Polecany stosunek $H:Q = 4,25$ zapewnia stosunek $Q:R =$ około 70 i jednocześnie — wysoki stopień przewężalności (około 66%) oraz całkiem wystarczające dla celów praktycznych wydłużenie jednostkowe = około 28% dla materiału blach kotłowych o zawartości węgla około 0,1% i normalnej ilości innych domieszek napotykanym w handlowych gatunkach miękkiej stali. Stal o takich właściwościach będzie posiadać zakres kruchości na zimno daleko przesunięty na lewo, w stronę temperatur niższych, co zapewnia jednakowy stopień bezpieczeństwa tego materiału we wszystkich klimatycznych i atmosferycznych warunkach zmian temperatury Europy środkowej. Oprócz tego miękka stal o tak wysoko położonej granicy płynności a tem samem o wysoko położonej granicy sprężystości będzie posiadać prawie najwyższą, z możliwych dla tego materiału, granicę zmęczenia, t. z. — wytrzymałość materiału na zmienne podsprężyste obciążenia.

W tabeli 27 podane są właściwości mechaniczne siedmiu gatunków materiału blach kotłowych w stanie termicznie nieobrobionym, normalizowanym (przez wyżarzenie z następnym powolnym ochłodzeniem) i termicznie ulepszonym. Chemiczny skład tworzyw № 5, 8 i 9 umieszczony został w tabeli 3 w § 22, tworzyw № 11 i 14 w § 58, tworzyw zaś № 12 i 13 jest następujący:

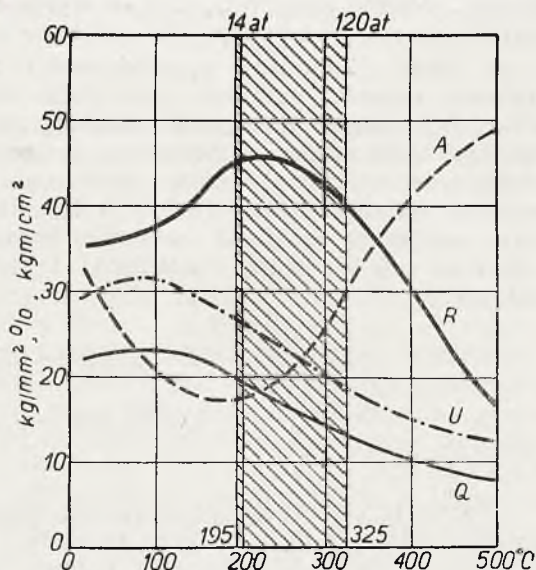
№ 12 C — 0,11%, Si — 0,041%, Mn — 0,57%,
P — 0,067%, S — 0,046%.

№ 13 C — 0,10%, Si — 0,015%, Mn — 0,49%,
P — 0,42%, S — 0,032%.

Blachy te są różnego pochodzenia: stopień ulepszenia każdej z nich nie jest ustalony. To znaczy, że temperatura hartowania, odpuszczenia i szybkość ochłodzenia w każdym z tych siedmiu przykładów nie były ściśle identyczne, a z tego powodu i stopień ulepszenia termicznego w każdym powyższym wypadku jest odmienny, co wskazuje najdokładniej stosunek $H:Q$, a częściowo stosunek $Q:R$. Całokształt wyników badań mechanicznych, statycznych i dynamicznych, tych siedmiu materiałów w najlepszy sposób potwierdza wyżej wypowiedziane zdanie o miarodajności i celowości korzystania ze stosunku $H:Q$ w celu oceny wartości konstrukcyjnej materiałów stalowych.

§ 62 — Praktycznie istnieją dwie drogi do nadania materiałowi blach kotłowych wysokiej sprężystości, to znaczy wyższej granicy płynności a mianowicie: 1) kosztowna droga obróbki termicznej, wymagająca dwóch ogrzewań: jednego — w celu hartowania i drugiego — w celu odpuszczenia (ulepszanie termiczne) i 2) stosunkowo tańsza, droga chemiczna. To znaczy, że wprowadzając w skład tworzywa pewne nowe pierwiastki (nikiel), lub zwiększając zawartość domieszek istniejących (węgiel) otrzymujemy tworzywo o wyżej położonej granicy płynności (względnie — sprężystości). Ta ostatnia droga jest wypróbowaną w ciągu ostatnich lat dzięki rozpowszechnieniu się kotłów wysokoprężnych. Dla tych kotłów stosowane są zarówno stale niklowe, jak stale o nieco zwiększonej zawartości węgla (kotły okrętowe).

Na rys. 98 — 101 przedstawiono pewne właściwości mechaniczne i zmiany tych właściwości zależnie od temperatury otoczenia dla czterech gatunków materiałów stalowych, a mianowicie: stali małowęglistej bardzo miękkiej o zawartości węgla 0,05% według *P. Goerens'a*¹⁾, (rys. 98), stali półmiękkiej o zawartości węgla 0,25% według *H. J. French'a*²⁾ (rys. 99), stali półtwardej węgla 0,51% według *Reinhold'a*³⁾ (rys. 100) i stali niklowej o zawartości 5% niklu



Rys. 98.

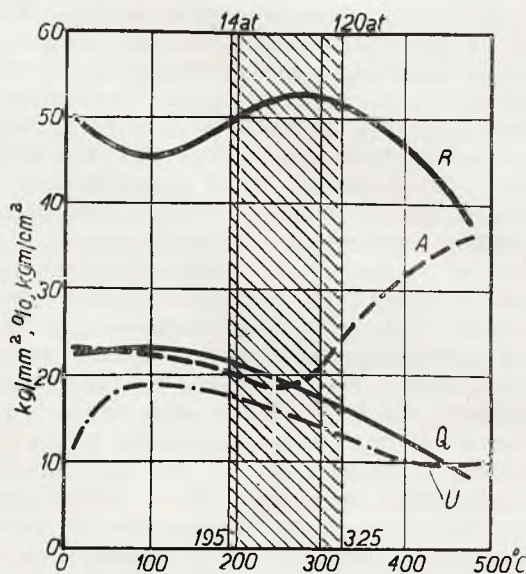
według *P. Goerens'a*¹⁾ (rys. 101). Litera *R* oznacza wytrzymałość; *Q* = granicę płynności; *A* — wydłużalność i *U* = odporność na uderzenia (kruchosc).

¹⁾ Z. d. V. d. I. 1924, 41.

²⁾ Chem. und. Metal. Eng. 1922, 1207—1209.

³⁾ Prof. P. Oberhoffer, — „Das technische Eisen“. 1926, str. 281.

Z porównania zmian właściwości mechanicznych różnych gatunków stali o różnej zawartości węgla, względnie o różnej twardości, wytrzymałości i wydłużalności w temperaturach zwykłych wynika, że stal miękka i stal półtwarda w warunkach temperatur odpowiadających pracy kotła parowego o ciśnieniu 14—120 atm (195—325°C) posiadają mniejszą różnicę w ciągliwości (wydłużalności) niż w temperaturach zwykłych i że te różnice dla stali miękkiej i półmiękkiej są



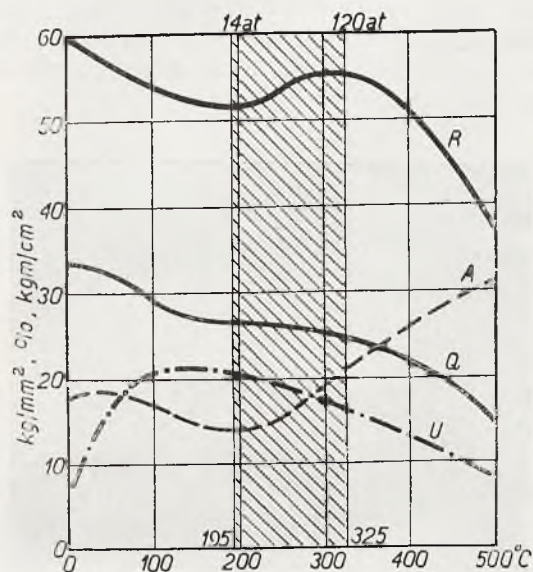
Rys. 99.

bardzo znikome. Z tego powodu obawa kotlarzy przed pozornie silnie obniżoną ciągliwością stali o nieco większej zawartości węgla jest bezpodstawną. Jest jednak rzeczą zrozumiałą, że stale o nieco większych zawartościach węgla posiadają obniżony i nieco przesunięty na prawo, w stronę wyższych temperatur, zakres kruchości na zimno. Właściwie ta ostatnia okoliczność jest bardzo ważną ponieważ wszystkie pęknięcia w materiale kotłów parowych według naszego mniemania zachodzą w temperaturach zwykłych, bliskich do nich i nieco niższych.

W obecnych czasach rozpowszechniają się badania wytrzymałościowe wykonywane w temperaturach odmiennych od temperatur zwykłych, a to w celu określenia zachowania się metalu w tych nienormalnych warunkach. Napotykanie w praktyce wypadki są bardzo skomplikowane, bo naogół ani temperatura pracy metalu, ani temperatura otoczenia nie jest jednostajna. Za przykład służyć mogą ścianki walczała w kotle parowym: zewnętrzna strona walczała stykająca się bezpośrednio z produktami spalania posiada najwyższą temperaturę; wewnętrzna strona — wodna, najniższą. Cały przekrój blachy kotłowej posiada pewne stopniowanie temperatur w postaci mniej lub więcej łagodnego lecz ciągłego przejścia od najwyższej do najniższej temperatury

a z tem związane są stopniowe zmiany właściwości wytrzymałościowych. Charakter tego stopniowania właściwości wytrzymałościowych jest decydujący przy wyborze materiału, którego zalet nie mogą charakteryzować próby wykonane w temperaturach najwyższej i najniższej. Konieczny jest szereg prób w temperaturach pośrednich.

Ta ostatnia konieczność wpływa z charakteru pracy ścian kotła parowego.



Rys. 100.

Strona więcej rozgrzana może zawsze znieść większe obciążenia niżby wynikało z prób wytrzymałości, wykonanych w tej temperaturze dzięki wpływowi „podtrzymywania” przez chłodniejsze wewnętrzne warstwy, których wytrzymałość jest nieco wyższą¹⁾.

§ 63. W celu podniesienia granicy płynności blach kotłowych może być zastosowana jeszcze trzecia droga, a mianowicie — „zastępcze ulepszanie”. Proces zwykłego ulepszania termicznego jest niedogodny pod tym względem, że wymaga dwóch ogrzewań. Pierwsze ogrzewanie we wszystkich wypadkach jest konieczne; drugie (w celu następnego odpuszczania) można ominąć stosując proces „zastępczego ulepszania”, w którym hartowanie doprowadzone zostaje nie do samego końca, lecz do pociemnienia powierzchni z takim obliczeniem, ażeby w hartowanym przedmiocie pozostało tyle ciepła,

ile potrzeba na samoodpuszczenie, zachodzące w czasie dalszego stygnięcia.

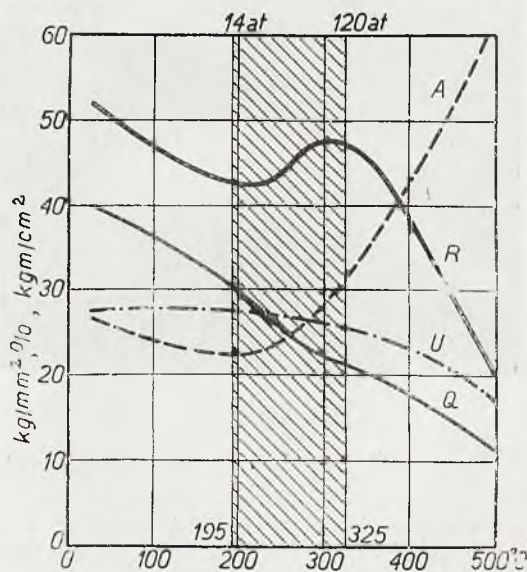
W procesie „zastępczego ulepszania” materiał zostaje utwardzony na powierzchni nieco więcej, warstwy środkowe są więcej ciągliwe. Ta kombinacja zwiększonej twardości na powierzchni i wysokiej ciągliwości wewnątrz może być pożądaną w konstrukcjach kotłów parowych gdzie największe naprężenie powstaje w warstwach zewnętrznych.

„Zastępcze ulepszanie” może być stosowane przy wyrobie kotłów parowych po ostatecznym wyżarzeniu gotowego kotła i cały ten proces będzie wtedy tylko kombinowaniem chłodzeniem materiału od temperatury wyżarzenia (950—920°).

To znaczy: szybkie przejście zakresu temperatur do około 600°, następnie nieco powolniejsze stygnięcie do 400° i całkiem powolne stygnięcie poniżej 400°. Do zastosowania takiego kombinowanego ochładzania olbrzymich nowoczesnych kotłów parowych w warunkach fabrycznej ich produkcji, potrzebne będą niewątpliwie skomplikowane instalacje mechaniczne.

Lecz jest to sprawą lokalną, która może być rozwiązana pomyślnie w ten lub inny sposób.

Zasadnicza myśl podniesienia granicy płyn-



Rys. 101.

ności materiału w gotowym wyrobie drogą takiego kombinowanego ochładzania jest jak się nam wydaje, zupełnie racjonalną i godną uwagi konstruktorów.

¹⁾ Prof. W. Rozenhain, The Metallurgist, 29.I.1926, Skróć Malkiewicza, Prz. Techn. 1927, str. 701.

Z CODZIENNEJ PRAKTYKI.

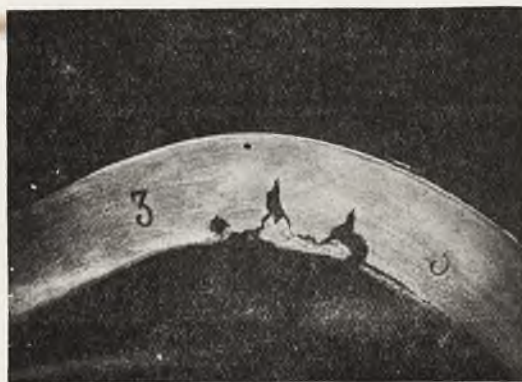
Czego spawać nie należy?

Zjawiające się często naderwania na wyobleniach dennic, zalewane są nieraz przez domorostych znawców płomieniem acetylenowym bądź elektrycznie.



Rys. 1.

Spawanie miejsc obciążonych na zginanie nie jest wskazane i dlatego o wiele jest racjonalniej ograniczyć się do obserwacji rozwoju pęk-



Rys. 2.

nięć i gdy dojdą one do granic niedopuszczalnych, wymieniać dennicę na nową.

Przed niedawnym czasem nabyty i ustawiony został stary kocioł dwupłomienicowy,

w którym pęknięcia dennic były bardzo ładnie zalane płomieniem acetylenowym i wygładzone.

Kocioł wzbudził pewne wątpliwości podczas rewizji. Po długich targach zgodził się inżynier Stowarzyszenia na uruchomienie kotła do czasu nabycia nowego, przyczem skrócone zostały terminy rewizji wewnętrznej.

Po 3 miesiącach pracy zauważono na wyobleniu dennicy bardzo nieznaczne zmarszczki. Kocioł dopuszczono do pracy na następne 3 miesiące, uprzedzając, że na dłuższą pracę uszkodzonego denka liczyć nie można.



Rys. 3.

Po upływie 3 miesięcy pracy rewizja wykazała znacznie głębsze nadpęknięcia nadlanych miejsc i dopuściła kocioł jeszcze na 3 miesiące, po których denko, po przepracowaniu ogółem 9 miesięcy zostało usunięte i wymienione na nowe.

Po wycięciu uszkodzonych miejsc wykonano trawionki przedstawione na rys. 1, 2 i 3.

Z powyższych ilustracji wynika, że spawanie zasklepiło tylko zewnętrzną stronę pęknięć, pozostawiając wewnątrz całe skupienia szlaki i brudu. Cienka warstwa nadlanego materiału niedająca żadnej mocy, wkrótce pękła, a wyoblenie denka znajdowało się w dość groźnym stanie.

R. B.

KRONIKA TECHNICZNA

O KOROZJI I OSADACH W KOTŁACH PAROWYCH.

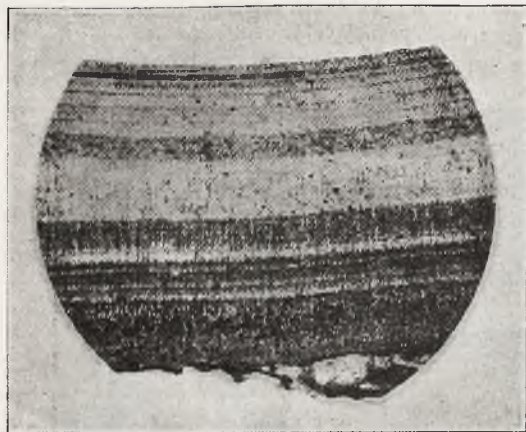
Za czasopismem „Power“, 1926, str. 352, podajemy kilka ilustracyj osadów kotłowych, oraz opis doświadczenia, wykazującego wpływ wodorotlenku sodu na tworzenie się korozji. Informacje te pochodzą z referatu dr. Hall'a.

Twardy kamień kotłowy przylegający ściśle do ścian kotła wydziela się na tych ścianach bezpośrednio z wody.

Cząstki jego nie tworzą się w masie wody i nie pływają w niej.

Rys. 1 przedstawia przekrój osadu powstałego z siarczanu wapnia (gips). Każda warstwa kamienia składa się z licznych kryształków, których osie ułożone są prostopadle względem poszczególnych warstw. Trzy różne związki chemiczne tworzą kamień tego rodzaju. Są to siarczan wapnia, krzemian wapnia i krzemian magnezu

Węglan wapnia nie wytwarza takiego kamienia. Może on jednak stanowić część składową twardego kamienia, gdyż kryształy wyżej wymienionych związków zlepiać mogą luźne cząstki węglanów w zbitą masę. Taki obraz przedstawia rys. 2, w którym większe kryształy składają się z siarczanu wapnia a pomiędzy nimi leżą cząsteczki krzemianu magnezu i węglanu wapnia.



Rys. 1. Mikrofotografia przekroju kamienia kotłowego składającego się z siarczanu wapnia (gips). Widoczne warstwy kryształów.

Przechodząc do powstawania korozji można wykazać, że gdy dwa paski blachy kotłowej zanurzymy w wodzie zawierającej sole elektrolityczne, np. siarczan sodu, a woda przylegająca do jednego z tych pasków zawierać będzie większą ilość rozpuszczonego w niej tlenu niż woda stykająca się z drugim paskiem, zespół ten działać będzie jak ogniwo galwaniczne, jeżeli oba paski połączymy drutem miedzianym. Pasek przy którym woda zawiera mniej tlenu stanie się anodą, czyli prąd płynąć będzie z tego paska blachy i ztąd przez przewodnik zewnętrzny z powrotem do paska pierwszego. Materiał anody tracić będzie na wadze w zależności od wielkości powstającego prądu.

Zjawisko to wykazać można zapomocą bardzo prostego doświadczenia, które każdy może u siebie powtórzyć bez specjalnych urządzeń pomocniczych. Rys. 3, 4, 5 i 6 przedstawiają cztery kolejne stadia tego doświadczenia. Cztery paski oczyszczonej pilnikiem blachy kotłowej oznaczone literami *a*, *b*, *c* i *d* służą do przeprowadzenia doświadczenia. W górnej części paska *a* umieszczono kroplę dystylowanej wody. Na pasku *b* — kroplę wody zawierającej jedynie siarczan sodu. Na pasku *c* — kroplę wody zawierającej jedynie sól kuchenną (chlorek sodu) i wreszcie na pasku *d* — kroplę wody, która zawierała siarczan i chlorek sodu jednocześnie.

Na dolnej części pasków umieszczono również po kropli wody o analogicznym składzie z dodaniem jednak w każdym wypadku wodorotlenku sodu. Koncentracje wymienionych soli w stosunku do miliona części wody zawiera poniżej podana tabela.

	Skład roztworów			
	Górny szereg kropli			
	Płytką 1	Płytką 2	Płytką 3	Płytką 4
Siarczan sodu . .	0	740	0	370
Chlorek sodu . .	0	0	825	412
Wodorotlenek sodu	0	0	0	0

	Dolny szereg kropli			
Siarczan sodu . .	0	740	0	370
Chlorek sodu . .	0	0	825	412
Wodorotlenek sodu	1175	1175	1175	1175

Rys. 3 przedstawia fotografię wykonaną w pięć minut po umieszczeniu kropeł na płytkach, rys. 4 po 27 minutach, a rys. 5—po 70 minutach. Na rys. 3 korozja już zauważyć się daje pod każdą z kropeł górnego szeregu. Na rys. 4 jest ona zupełnie wyraźna, a na rys. 5 płyny już się całkowicie ulotniły pozostawiając nawarstwienia produktów korozji w górnym szeregu kropeł i wykrystalizowane sole w szeregu dolnym. Potwierdza to rys. 6, który przedstawia fotografię płytek po wytarciu ich wilgotną ściereczką w celu usunięcia z ich powierzchni wszystkich soli rozpuszczalnych.

Praktyczny wniosek do jakiego doświadczenie powyższe uprawnia polega na tem, że woda dystylowana, woda zawierająca siarczan sodu albo chlorek sodu (zwykła sól kuchenna), lub woda zawierająca oba związki powyższe koroduje w obecności tlenu blachę kotłową, przynajmniej w warunkach odpowiadających ciśnieniu atmosferycznemu. Przez dodanie pewnej ilości wodorotlenku sodu możemy całkowicie zapobiedz działaniu korodującej wody.

Dr. Hall w ciekawy sposób wyjaśnia to zjawisko. Twierdzi on, że przy nakładaniu kropli wody na metal, zawarty w płynie tlen rozdzielony jest w masie płynu równomiernie. Stykając się z metalem tlen ten, pomimo nieznacznych ilości w jakich się w płynie znajduje, łączy się z metalem. Na zewnętrznej powierzchni kropli otaczającej ją powietrze dostarcza nowych ilości tlenu, wobec czego zageszczenie tlenu w płynie nie ulega zmniejszeniu. naczey rzeczy się mają w wewnętrznych częściach kropli, gdzie istnieje względny brak tlenu. W ten sposób powstają opisane wyżej warunki tworzenia się ogniwa galwanicznego. Metal stykający się z wewnętrznymi warstwami



Rys. 2. Mikrofotografia przekroju kamienia kotłowego, złożonego z węglanu wapnia i krzemianu magnezu zrośniętych z masą kryształów siarczanu wapnia.

płynu staje się anodą i zaczyna się rozpuszczać (koroduje). Zewnętrzne warstwy kropli, zasobniejsze w tlen, tworzą katodę i działania rozpuszczającego metal tam być nie powinno. Istotnie bliższe zbadanie fotografii wykazuje, że powierzchnia skorodowana jest nieco mniejsza od po-

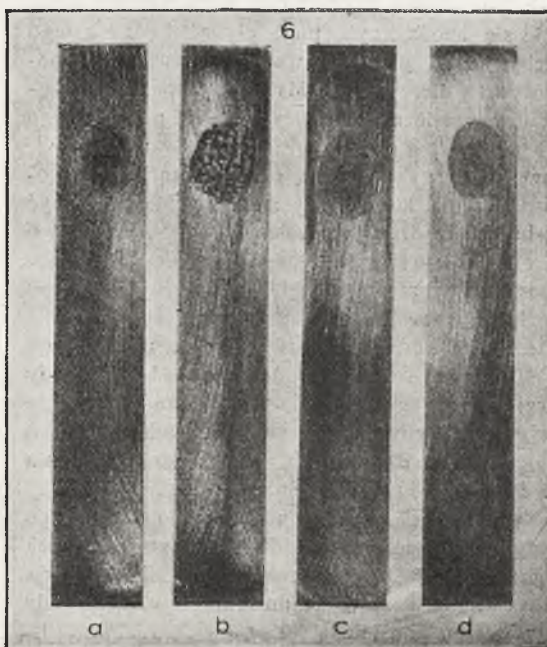
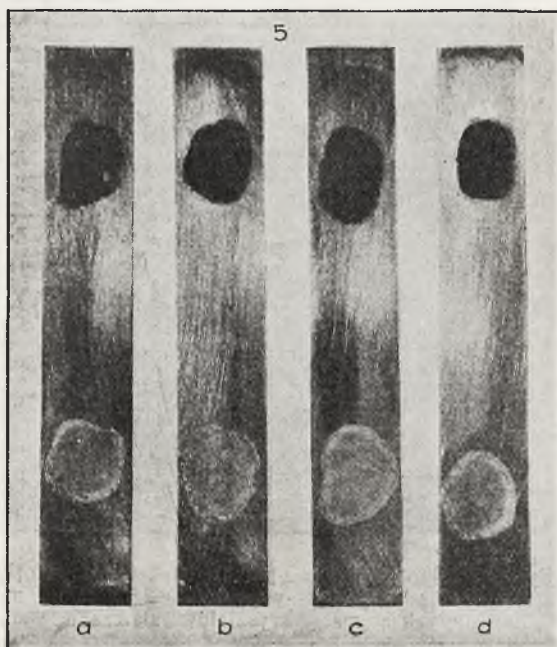
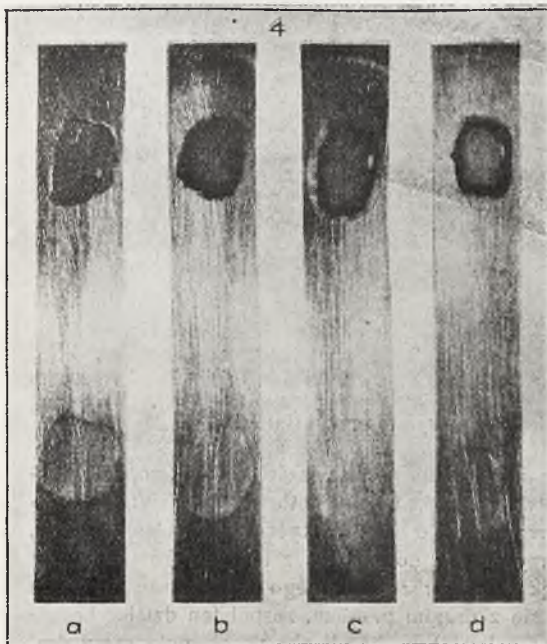
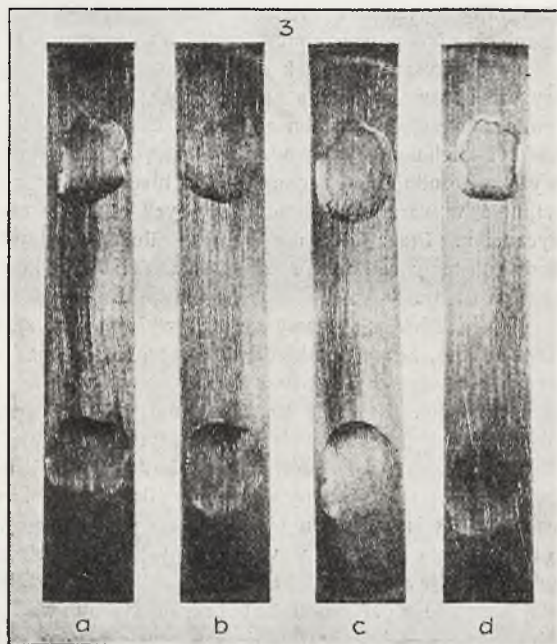
wierzchni zajmowanej przez kroplę. Należy przytem pamiętać, że obwód prądu elektrycznego zamyka masa samego metalu.

Dlaczego jednak w dolnym szeregu kropli, gdzie istniały analogiczne warunki dla zagęszczenia tlenu nie zauważyliśmy widocznego skorodowania metalu?

Ponieważ warunki istniejące w dolnym szeregu kropli poza obecnością wodorotlenku sodu były zupełnie jednakowe, należy przypuszczać, że w danym układzie rzeczy wodorotlenek sodu posiada własności zabezpieczania metalu od korozji.

Dr. Hall przypuszcza mianowicie, że wodorotlenek sodu wydziela u anody elektrolity, zastępujące metal, który w przeciwnym wypadku przechodziłby do roztworu i ulegał korozji.

Zauważyć tu należy, że czynnikiem grającym w korodowaniu blach główną rolę jest tlen. O ile możnaby było wewnątrz kotłów całkowicie przed dostępem tlenu zabezpieczyć dodatki w rodzaju wodorotlenku sodu nie grałyby żadnej roli. Wiadomo jednak, że całkowite usunięcie tlenu z wody zasilającej i absolutna szczelność kotła i jego osprzętu nie da się osiągnąć w praktyce przemysłowej.



Rys. 3—5. Proste doświadczenie wyjaśniające wpływ wodorotlenku sodu na zabezpieczenie blach kotłowych od korozji. Górny szereg kropli; *a* — woda dystylowana, *b* — roztwór siarczanu sodu, *c* — roztwór chlorku sodu (sól kuchenna), *d* — roztwór siarczanu sodu i chlorku sodu. Dolny szereg kropli: skład odpowiada składowi kropli górnego szeregu z dodatkiem wodorotlenku sodu. Wszystkie krople górnego szeregu wykazują szybko postępującą korozję. Krople dolnego szeregu nie wykazują widocznej korozji materiału. Zdjęcia wykonane zostały po upływie: 5 min (rys. 3), 27 min. (rys. 4), 70 min. (rys. 5). Rys. 6 przedstawia wygląd płytek po wytarciu blachy wilgotną szmatką.

WARSZAWSKA SPÓŁKA AKCYJNA

Budowy Parowozów

TELEFONY: 131-61.
268-60, 131-34, 77-77.

WARSZAWA, UL. KOLEJOWA 57.

Adres telegraficzny:
„LOKOMOT-WARSZAWA“

FABRYKA PRODUKUJE:

1. PAROWOZY normalne i wązkotorowe wszelkich typów i mocy.
2. LOKOMOTYWY motorowe normalne i wązkotorowe, pędzone specjalnymi silnikami Diesla lub benzynowymi z zupełną regulacją szybkości.
3. LOKOMOTYWY bezogniowe normalne i wązkotorowe.
4. SILNIKI spalinowe Diesla systemu prof. D-ra L. Ebermana stojące, szybkobieżne od 25 do 2000 km.
5. WALCE drogowe motorowe i parowe z kotłem poziomym i pionowym na 8, 10, 12 i 15 ton wagi wraz z częściami pomocniczymi.
6. LOKOMOBILE przemysłowe i rolnicze
7. KOTŁY parowe wszelkich typów.
8. WYROBY KUTE do 2 ton wagi.
9. WYROBY TŁOCZONE (masowa produkcja) z blach żelaznych i stalowych do 30 mm. grubości.
10. ARMATURA brązowa i mosiężna.
11. Wszelkie części zapasowe dla wyrabianych przedmiotów.
12. Naprawa parowozów, silników, kotłów oraz naprawa i przeróbka wszelkich urządzeń mechanicznych.

Kosztorysy i porady techniczne bezpłatnie.

183—11

IZOLACJA!

przeciw stratom ciepła w gospodarce parowej, wypromienianiu chłodu w urządzeniach chłodniczych. Izolacje budowlane przeciw wpływom atmosferycznym, oraz izolacje akustyczne wykonują sprawnie, fachowo i dostarczają wszelkich materiałów izolacyjnych.

Wielkopolskie Zakłady Izolacyjne
ALEKSANDER RĄCZKOWSKI

Skrót telegr. „Alra” Poznań, Plac Wolności 17
Telefon 2312.

165—8

ADOLF RICHTER

BIURO TECHNICZNE

Warszawa, Rymarska 10, telefon 10-81.

Łódź, Przejazd 20 tel. 3-80.

Skład i dostawa wszelkich w zakres techniki wchodzących artykułów dla przedsiębiorstw przemysłowych oraz instytucji państwowych i komunalnych.

Specjalność: Węże metal. do pary, wody i gazu.
Wyroby gumowe „Durit” odporne na tłuszcze, kwasy i alkale.

Odwadniacze pływ. „Korona” uproszczonej konstrukcji

Maszyny piaskarskie wypróbowanej jakości.

139—1



Inżyniera dobrze obeznanego z kotłami parowymi lub maszynami parowymi poszukuje Stowarzyszenie Dozoru Kotłów w Poznaniu. Oferty — Poznań, Ogrodowa 11.

188—1

ADAM SŁUCKI

Inżynier Doradca
WARSZAWA, ul. KRÓLEWSKA 27

Tel. Nr. 141-38.

PORADY

w dziedzinie gospodarki cieplnej, kotłów maszyn i turbin parowych, lokomobil i silników spalinowych.

Indykowanie silników

Chłodnie kominowe do wody dla kondensacji turbin i maszyn parowych.

158—5

W. FITZNER

SPÓŁKA Z OGR. ODP.

SIEMIANOWICE, G. ŚL.

Zakłady Spawania Wodno-Gazowego
Wytwórnia Kotłów Parowych i Warsztaty Mechaniczne

Rok zał. 1869.

Rządowy Medal Złoty za wyroby przemysłowe.

Rok zał. 1869.

Budowa kotłów parowych wszelkich systemów, najnowsze kotły Garbego ze stromemi opłomkami P. R. N. Kotły Fitznera komórkowo - opłomkowe i ze stromemi opłomkami.

Ruszty łańcuchowe i t. p. Podgrzewacze pary. Ekonomizery.

Urządzenia do czyszczenia wody. Przewody rurowe wysokiego i niskiego ciśnienia. Przewody kanalizacyjne, turbinowe i syfonowe.

Spawane i nitowane aparaty dla przemysłu chemicznego i jemu pokrewnych gałęzi przemysłu
Zbiorniki do wleż ciśnleń. Warniki do celulozy i t. p.

SPECJALNOŚĆ: Kotły parowe wszelkich systemów
i wyroby spawane z blachy żelaznej.

KATALOGI I CENNIKI BEZPŁATNIE.

Przedstawicielstwa:

Na cały były zabór rosyjski,
Wielkopolskę i Pomorze;

W. BUDZIŃSKI, Inż. - Mechanik,
Warszawa, Smolna 25. Tel. 39-32.

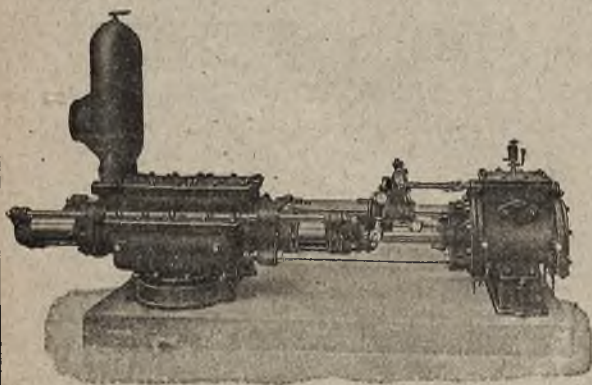
Na województwa Lwowskie
Stanisławowskie i Tarnopolskie,

Inż. KAZIMIERZ NEYMAN.
Lwów, Nabelaka 20.

Na województwo Krakowskie
i polską część Śląska Cieszyńskiego

Inż. EMIL FLACH
Kraków, Bracka 6. Tel. 2456.

152—6



ZAKŁADY MECHANICZNE I ODLEWNIA

ROHN, ZIELIŃSKI i S-ka

Sp. Akc.

WARSZAWA, JEROZOLIMSKA 105,

Telefon 5-88 i 58-83.

POMPY

do zasilania kotłów parowe,
s. Worthingtona, transmisyjne.
odśrodkowe.

136—S

„Powszechne Towarzystwo Elektryczne **AEG**”.

Warszawa, Krakowskie Przedmieście 16/18

KRAKÓW

ul. Dunajewskiego 3.

ŁÓDŹ

ul. Piotrowska 65.

POZNAŃ

ul. Św. Marcina 41.

SOSNOWIEC

ul. Warszawska 6.

Wszelkie instalacje elektryczne. Wielkie składy materiałów elektrycznych.

ZAKŁADY
"EKSPLOATACJA"
BIELSKO WOJ. ŚL.

NASZE APARATY
 OCZYSZCZAJĄ
 W POLSCE ≈
 3K.50000000
 LITRÓW WODY
 DZIENNIE

OCZYSZCZANIE WODY

Zmiękczenie
 Filtrowanie
 Odżelazianie
 Odmangan.
 Destylacja
 Sterylizacja
 Odpowietrzanie etc.
 Analizy

w WARSZAWIE:
 inż. **B. RUDZIŃSKI**
 Wilcza 39-4, tel. 322-63.

162-3

Paleniska automatyczne Paleniska z wydmuchem

do mialu i do opału o niskiej wartości,

Oczyszczanie wody i
Wykorzystanie pary wylotowej,
Odoliwianie pary wylotowej,
Miarkowniki precyzyjne,
Bezpieczne przed pożarem
 zbiorniki dla benzyny, benzolu etc.
 ARMATURY SPECJALNE.

"Dabeg"

Tow. Akc.
FABRYKI MASZYN
WIEDŃ.

Reprezentant na Polskę: **Inż. Egon PREISS** KRAKÓW, Wrocławska 34

WARSZAWA, Inż. P. Januszewski i S-ka, Wspólna 10.

KATOWICE, Dypl. Inż. W. Skowron, Mikołowska 44.

POZNAN, Inż. Piotr Łoziński, Pl. Działowy 6.

ŁÓDŹ, K. Łoziński, Gdańska 67.

RÓWNE, Inż. Witold A. Gorowic, 3 Maja 84.

LWÓW, Wulkan Sp. z o. o., Pasaż Mikołasza.

BORYSŁAW, Inż. Dr. Hugo Czap.

168-2

FABRYKACJA W POLSCE.

RURY FALISTE

Stanowią nieodzowny element przy budowie przewodów parowych na wysokie ciśnienie przy przegrzanej parze.

Wszelkiego rodzaju wyroby (zbiorniki rury fasonowe, kominy i t. p.) z blachy żelazne, spawane acetylenem.

Projekty przewodów wszelkiego rodzaju sporządza

Fabryka Przewodów Rurowych. Maciejewski i S-ka „COMPENSATOR”

Warszawa, ul. Przemysłowa 32, Tel.: 18-72 Telegr.: Compensator, Warszawa.

111-1

The International Shipbuilding and Engineering Co. Ltd. (Międzynarodowe Tow. Budowy Okrętów i Maszyn S. A.) Gdańsk.

Projektowanie i wykonanie **siłowni maszyn parowych.**

Maszyny parowe wszelkich rodzaj i wielkości dla przeciwcisnienia, z częściowym odbiorem pary, z użyciem pary wylotowej i kondensacją.

Kotły parowe różnych systemów do największych wymiarów a mianowicie: grupowych kotłów opłomkowych systemu Borsig'a, stromorurkowych, dwupłomienicowych o płomienicach stopniowych, systemu Paucksch'a.

Przegrzewacze, ekonomizery, ruszty ruchome.

Przewody parowe na parę i wodę.

Badania istniejących siłowni maszyn parowych, wskazówki fachowe.

150-1

FABRYKA PALENISK MECHANICZNYCH

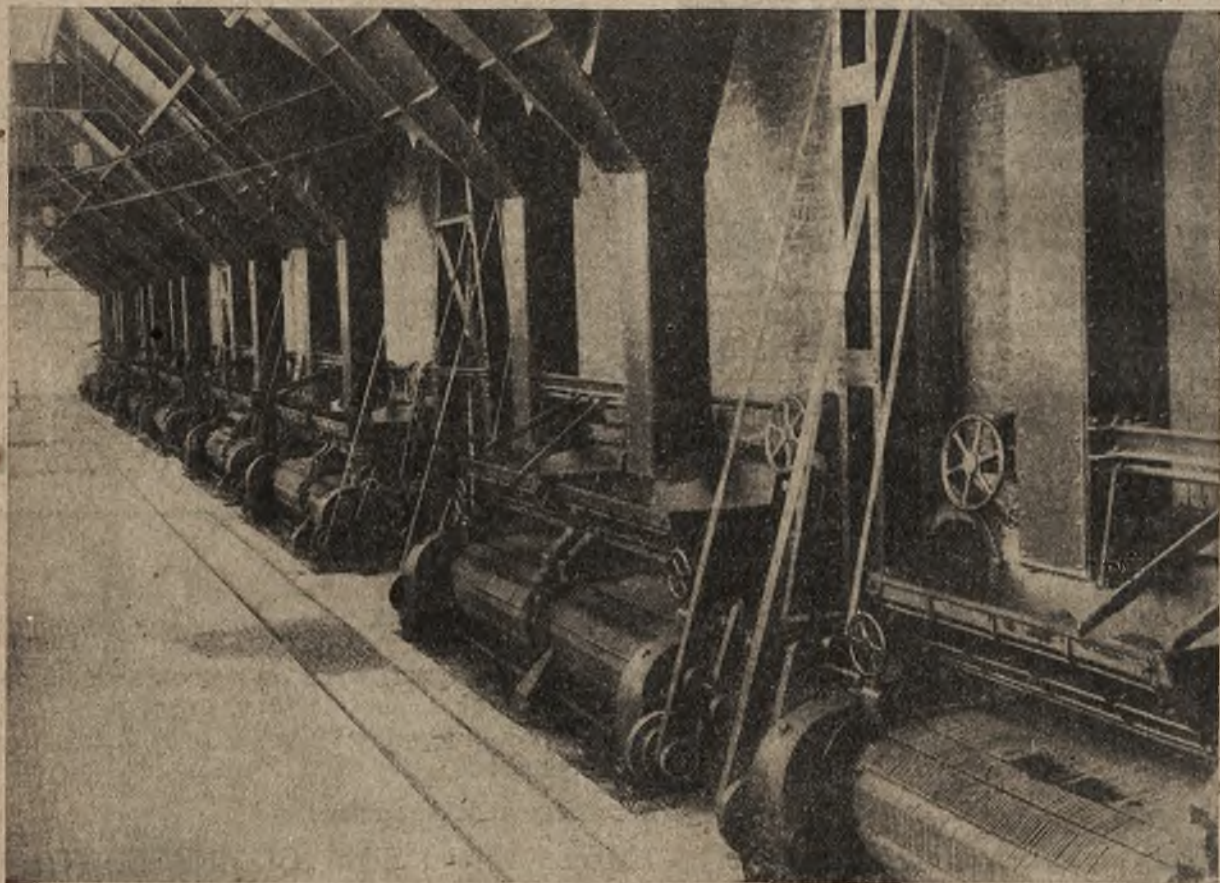
Tow. z ogr. odp.

(WANDERROST - WERKE G. m. b. H.)

MIKOŁÓW, Polski G. Śląsk

Specjalna Fabryka Rusztów Mechanicznych syst. „IDEAL“

Wykonano około 1500 rusztów mechanicznych syst. „IDEAL“.



Ruszty mechaniczne syst. „IDEAL” NA KOPALNI WĘGLA „KLEOFAS” W ZAŁĘŻU, GÓRNY ŚLĄSK
WYROBY FABRYKI:

1. **RUSZTY MECHANICZNE** syst. „IDEAL” z podwiewem i bez podwiewu.
 - a) AMERYKAŃSKIE wiszące sklepienia paleniskowe.
2. **PRZEWODY** rurowe wysokiego i niskiego ciśnienia.
3. **URZĄDZENIA DO OCZYSZCZANIA WODY** patentowane do wszelkich celów.
4. **Odlewy żeliwne** maszynowo i ręcznie formowane, od najmniejszych do 5000 kg wagi, surowe i obrabiane.
 - a) **Przewody** rurowe żeliwne do 1200 mm średnicy.

GENERALNY PRZEDSTAWICIEL Inż. WŁ. BUDZIŃSKI WARSZAWA, Smolna 25, Tel. 39-32.